台灣重要經濟果樹防災栽培曆之應用

■國立中興大學園藝學系／林慧玲・倪鈺林・吳承軒

一、前言

氣候變遷已造成台灣連年重大農損，105年台灣重要經濟果樹：梨、葡萄、甜柿、澀柿、桶柑、文旦柚、蓮霧、鳳梨、荔枝、芒果、番木瓜、番石榴、番荔枝、紅龍果等果樹，因遭遇天然災害所造成的損失，估計有20萬公噸，損失金額高達86億餘元，顯示出加強果樹作物防災、減災工作與策略研擬的必要性。

本計畫擬以重要經濟果樹為對象，統整歷年造成重大農業損失之天然災害資料，建立各類果樹災害別資料庫，分析氣象資料與災害程度資料之相關性。並測試果園即時氣象監測系統，同時建立各果樹之防災栽培曆，蒐集彙整各果樹之逆境生理指標。

二、建置經濟果樹防災栽培曆

1. 建置經濟果樹防災栽培曆及一般栽培曆，包括梨、葡萄、甜柿、澀柿、桶柑、文旦柚、蓮霧、鳳梨、荔枝、芒果、番木瓜、番石榴、番荔枝、紅龍果等重要果樹，其中防災栽培曆，內容包含節氣、生長階段、臨界致災條件、防減災策略等資料，提供農業試驗所建立雲端監控及即時預報系統，透過手機，可有效率提供栽培者，掌控災害訊息即時因應，而達防災、減災之效益。
2. 建立果樹之災害別資料庫，包含豪雨、颱風、寒害、霪雨等及其他環境逆境，並完成果樹災害類別與作物受災損程度相關性分析，果園微氣候監測，完成架設與雲端連結及程式設定等。
3. 蒐集果樹逆境生理指標，提供災害判定之參考客觀指標。

茲簡介各作物之防災栽培曆及一般栽培曆之內容及參考資料，防災栽培曆包含作物生育週期、生育階段、主要管理事項、常見災害、臨界致災條件、防災、減災及復災技術。一般栽培曆則以肥培管理、常見病蟲害為主軸，與一年十二個月份連結，使用者能方便查詢，並針對生育階段及節氣，擬定作物栽培操作模式

及規劃，並可得知各種災害之預警條件、防範措施、及災害復原方法及後續栽培管理要項等。

重要經濟果樹依生產季節可分為具明顯生產季節、周年生產及產期調節之果樹。以具明顯生產季之芒果為例，芒果主要天然災害在每年1～2月，小花分化期、開花期及著果初期，易面臨溫度異常情況，預警溫度分別是低溫小於15℃或高溫大於38℃，低溫易導致花穗抽生延遲、花粉活力下降、降低昆蟲授粉率、開花而不結果；開花期異常高溫熱風，易使花穗授粉、著果不良而產生無子果。防範措施為強健植株樹勢、建立防風圍籬、飼養授粉昆蟲、加強噴水與田間灌溉、裝設灌溉系統。災害復原方法為摘除花穗，促使萌生二次花 (改良種：例如愛文、凱特、聖心)，定期噴水或灌溉。6～10月則有颱風之憂，強風使果實擦壓傷、套袋破損、落葉、植株倒伏、沿海地區易發生鹽害。若發布陸上颱風警報，需加強防風設施、修剪、幼株加立支柱。災害後復原可剪除受損枝、清園；全園加強噴施殺菌劑，減少病害之發生。適度扶正、加立支柱，加強肥培，促進恢復生長 (圖一)。

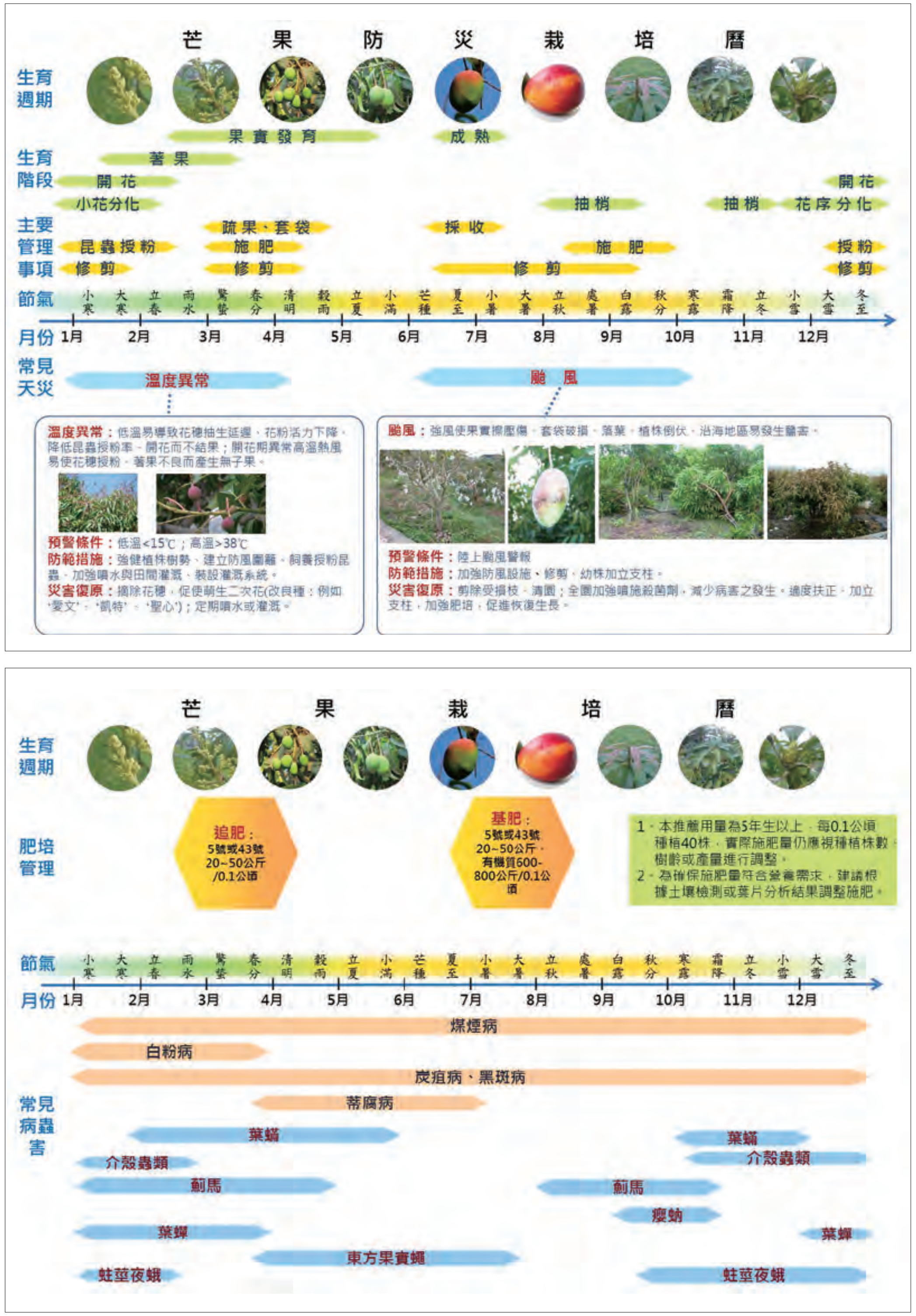
周年生產之果樹如番石榴，每年12月至隔年1～2月遇寒害，會使新梢生長停滯、葉片紫紅、果實表皮受損出現紅點、花粉發芽率下降。預警條件為氣溫小於15℃，以調整留果數，提早施用鈣、鉀肥為防範措施，災害後減少留果數，減輕樹體負擔；輕度修剪，加強肥培，促進樹勢恢復。5～6月常遇豪雨，導致授粉不良、落花、落果及果實生育停滯，果實病害增加，果園長期積水，根系受損，植株生育不良。預警條件為日雨量大於200毫米，防範措施為排水設施、調節產期，災害後排除積水、清除病果，加強病害防治與肥培，促進新根、枝梢生長。7～9月則可能會有颱風、豪雨、焚風等災害，強風造成枝葉斷損、倒株、果實擦傷、落果；豪雨導致果園積水，根系受損，病害增加；焚風造成授粉不良、葉片焦枯。預警條件為最大平均風速大於每秒8.5公尺或瞬間風速大於每秒15公尺；日雨量大於200毫米；氣溫大於37℃，防範措施為排水、防風設施、減施氮肥、噴水、調整產期，災害後排除積水、倒伏輕微植株適度扶正固定，並修剪枝葉減少蒸散；修剪斷枝，清除病果，加強病害防治；加強肥培，促進樹體恢復 (圖二)。

產期調節之果樹如蓮霧，在每年12月至隔年2月，主要天然災害為寒害，葉片寒害呈水浸狀、葉色轉紅、黃化、落葉。催花後兩週鏢形期對低溫較為敏感，豆粒期後對低溫耐受性較高；胚仔期遇低溫則發生裂果及近果蒂端果皮褐化徵狀；果實發育期以紅頭期對低溫較敏感，易發生落果及果皮凹點之寒害徵狀。預警條件為氣溫小於10℃持續數小時，防範措施：全園浸水、樹頂噴霧、設置防風網、葉面營養補充 (溫度過低時效果有限)。災害後儘速採收仍具商品價值之果品，避免回溫後持續劣化，視落葉情形減少著果量，為避免落葉後大量抽梢影響果實品質，噴施高磷鉀控梢。4～9月則易遇豪雨及颱風，豪雨導致果園淹水，葉片或果實泡爛；根系受損後葉片黃化及落葉；病害增加、豆粒期花蕾生理性斑點。預警條件為雨量大於每小時50毫米，防範措施為高畦栽培、保持排水通暢、汛期避免施重肥、搭建果園周圍防水堤與抽水機，低窪地區採用草生栽培增加土壤通氣性。花蕾期加強鈣肥補充與炭疽病防治。災害後利用抽水機加速排除積水，浸水後採葉面施肥並加強病害防治，促進新根、新梢恢復成長。颱風之強風使枝條折斷、葉片破損、植株傾倒；落花、落果，花蕾或果實擦傷；遮光網掀開或破損。陸上颱風警報為預警條件，防範措施為果園空曠面搭設防風網，幼株主幹以支架固定，適當修剪控制株高，並疏剪減少風阻；颱風來襲前卸下遮光網。災害後儘速修剪斷枝，扶正植株並修剪枝葉減少蒸散量；加強病害防治；重新覆蓋遮光網，若枝葉受損嚴重，則重新修剪培養整齊新梢後再進行催花 (圖三)。

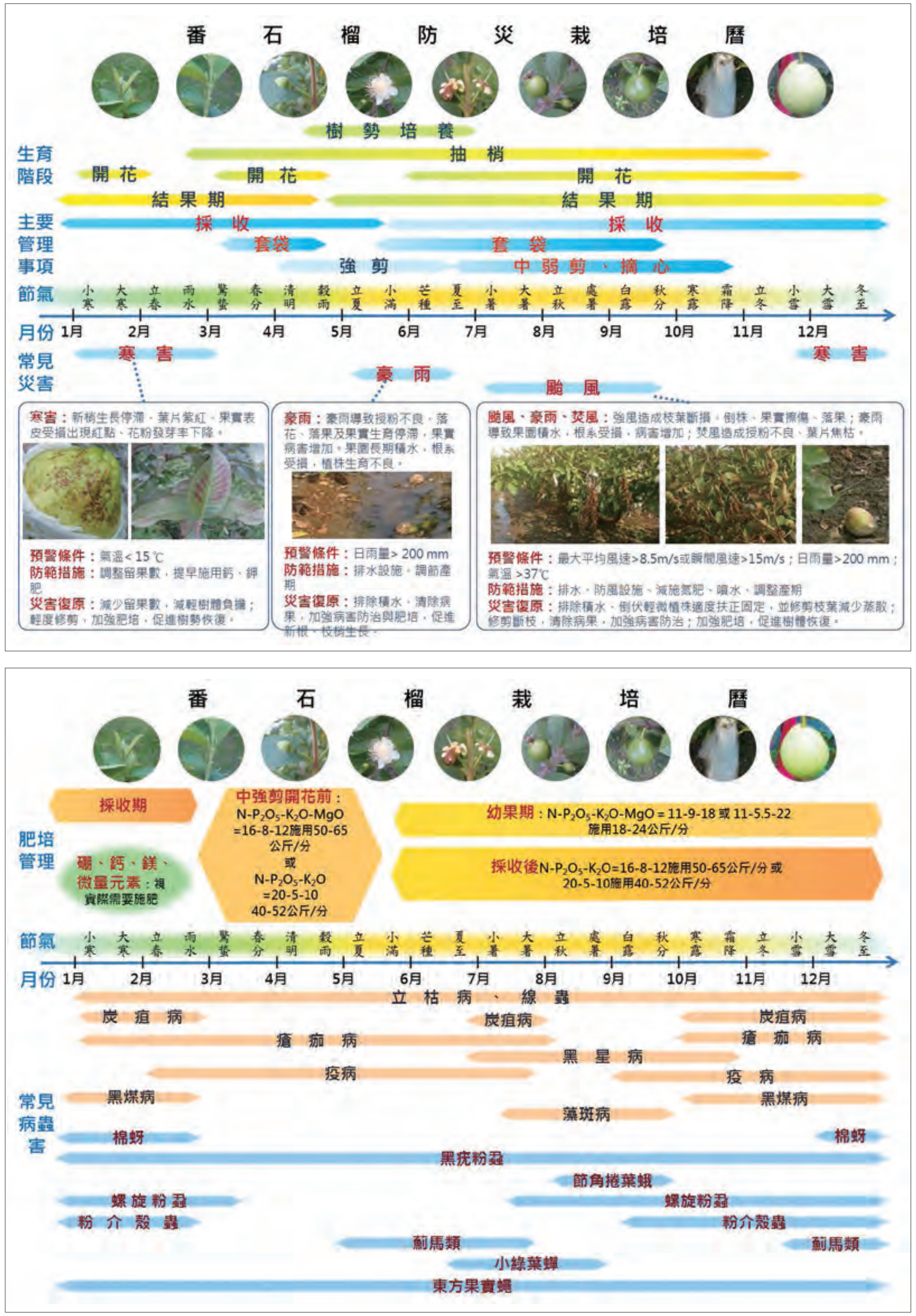
本計畫也建立了各果樹的逆境生理指標，蒐集國內外參考文獻，並以寒害、熱害、水分逆境為主軸進行整理，另外也有各類作物品種間之比較。根據逆境生理指標表可以查出，如芒果於氣溫小於15℃時，會抑制芒果花粉管萌發，氣溫小於6℃，花穗受寒害；而氣溫大於25℃則不利花芽形成，若開花期缺水，花穗長度變短、花序上小花減少、落花，淹水則樹幹皮孔開始增生 (表一)。番石榴於氣溫小於15℃或氣溫大於37℃時，花粉萌芽率會降低，影響授粉；番石榴之永久萎凋點為土壤水勢-71KPa (RWC 24%)，葉片水勢為-2.9MPa (RWC 81%)；而淹水會導致葉片黃化、大量落葉、新葉畸形壞疽、葉與花芽生長延遲並停止，淹水30天，植株死亡率達67% (表二)。蓮霧在分粒期、黑丕期、紅頭期和成熟採收期氣溫小於7℃，花蕾及幼果將受寒害而落果，生長期氣溫小於10℃，常導致落果及裂果、果實表面斑點；氣溫大於30℃，蓮霧果皮著色不良、落葉及落果；雨災害會引發裂果、病害及開花結果障礙；蓮霧遭受旱害時，主要產生落果、落葉及裂果等症狀 (表三)。

三、結語

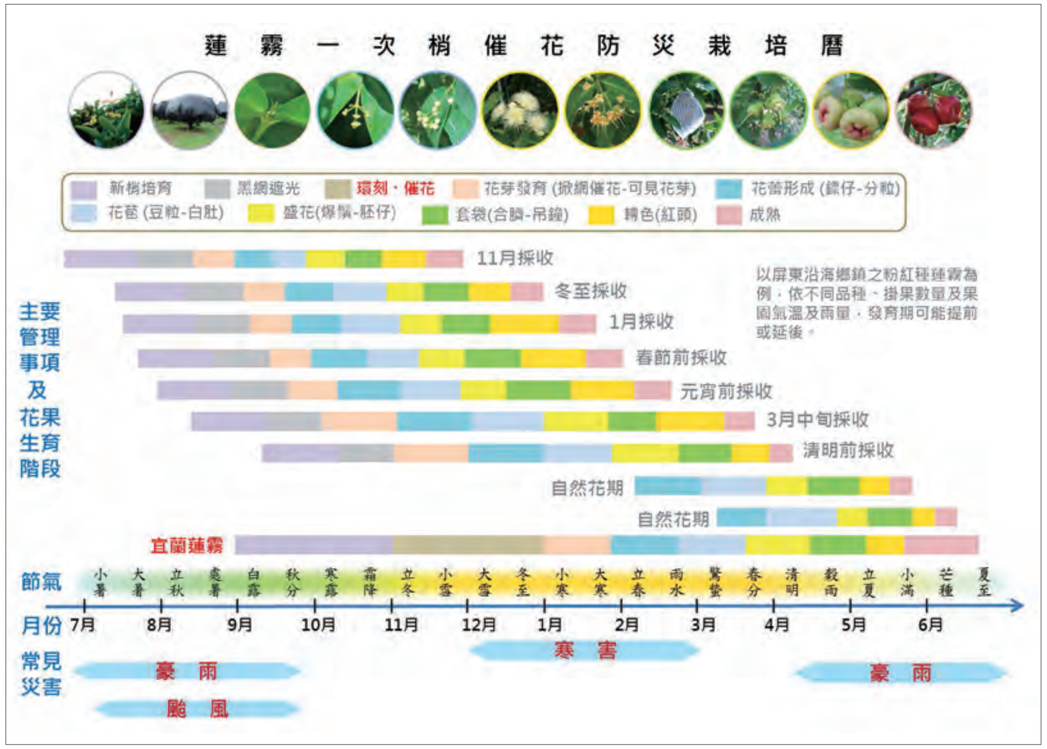
以上各式果樹防災栽培曆及一般栽培立即生理指標等表格，皆可讓農民及使用者簡易查詢所需資訊，研究成果能進行災害預警，可事先防備並減緩災害對作物之影響，在防災、減災、復災上提供有效之參考依據，以減少農業損失，增加農民收益，使農業邁向科技化，達精準農業之目標。

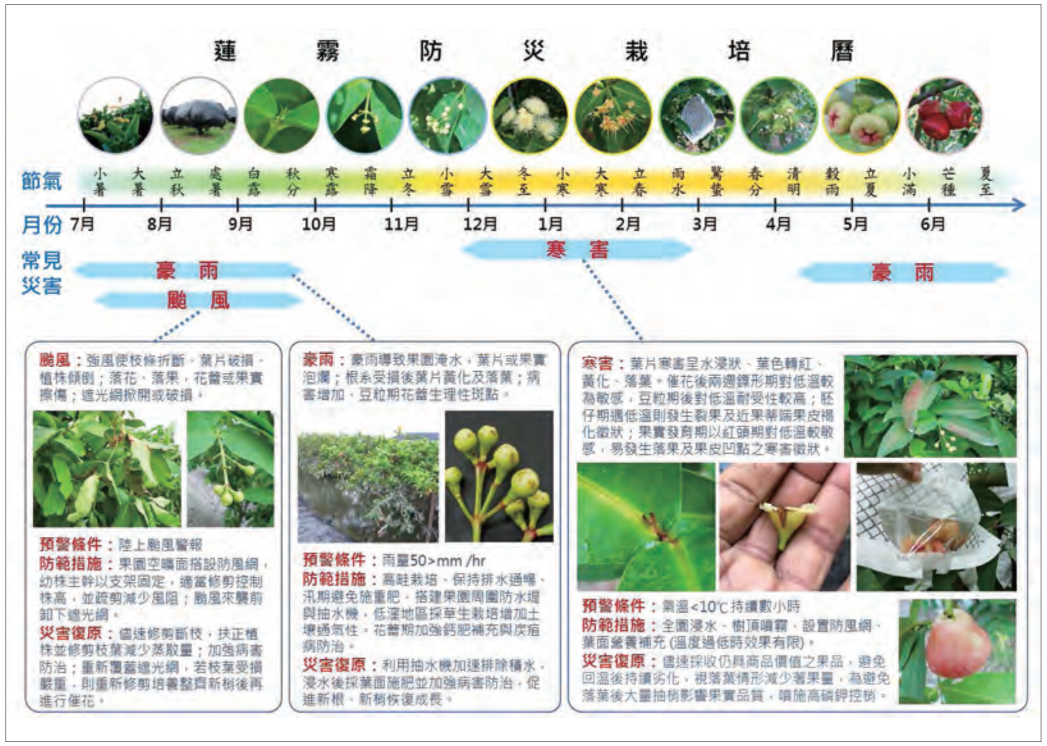


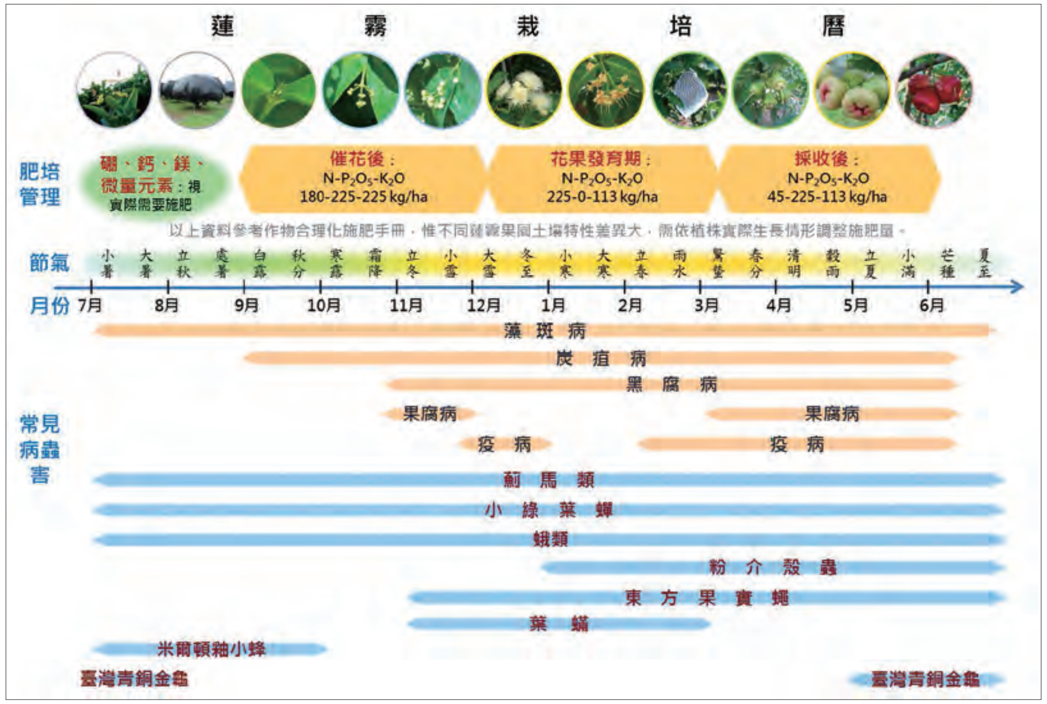
圖一、芒果防災栽培曆及栽培曆



圖二、番石榴防災栽培曆及栽培曆







圖三、蓮霧防災栽培曆及栽培曆

表一、芒果逆境生理指標

芒果逆境生理指標				
指標項目	指標值		生理描述	Reference
寒害	氣溫<1℃		幼齡樹會遭傷害，-1℃芒果苗死亡。	(張，1997) (Bally et al., 2000) (黃等，2008) (劉，2010) (唐等，2016) (張等，2016) (Ramireza and Davenport, 2016) (石，2017)
	氣溫<6℃	開花期	葉梢、花穗及幼果會遭受寒害，且不利花芽分化。 盛花期遇低溫，著果率降為7%，著果期遇低溫，著果率降為13%。	
	氣溫<8℃		部分幼葉呈紅色，回溫後花穗可能枯黑萎凋，回溫後五天嫩芽乾枯。	
	氣溫 13℃		處理10天，著果會受到影響，花穗抽出前遇低溫，會延後開花。 盛花期遇低溫，著果率降為20%，著果期遇低溫，著果率降為53%。	
	氣溫<15℃		1. 不至於造成花穗的寒害，但會降低花粉活性至30-40 %，且花粉可能不萌發，萌發延遲或胚珠敗育，亦會影響授粉媒介昆蟲的活動，導致芒果開花不結果。 2. 葉綠素螢光隨低溫處理時間增加而下降(Fv/Fm=0.647)。	
	氣溫<18℃		盛花期遇低溫，著果率降為60%，著果期遇低溫，著果率降為87%。	
	氣溫 10~20℃		會抑制芒果花粉管的生長，發育不全的胚數量增加。	
	夜溫<7℃		Rubisco活性降低、二氧化碳同化作用受抑制，光合作用能力降低。	(Allen et al., 2000)
熱害	氣溫>25℃		1. 授粉期和著果期，25℃以上則促進營養生長，不利花芽形成，且花粉萌發率降低、發育不全的胚數量增加。 2. 30℃處理時，老葉之葉綠素螢光值高於幼葉。愛文隨溫度提高滲漏率增加速度也會提高，乙烯釋放率隨溫度增加而增加。 3. 35℃處理約20小時，Fv/Fm<0.5。 4. 37℃以上的乾熱風(焚風)，則會使枝梢受傷。	(Lakshminarayana and Aguilar, 1975) (邱，2010) (黃，2011)
	氣溫 45℃		葉綠素螢光值(Fv/Fm) ≒0.49，僅有氣溫25℃的60%。	(Yamada et al.,1996)
缺水	可抑制芒果營養生長，促進開花。			(吳，1995) (Elsheery and Cao, 2008) (邱，2010)
	開花期		花穗長度變短、花序上小花減少、落花。	
	生長期		沿海(枋山地區)枝梢遭高溫及帶有鹽分的風吹襲，會枝葉乾枯，植株生育受損。	
淹水	耐淹水程度中等。			(吳，1995) (Schaffer, 1998) (Larson et al., 1993)
	導致樹體偏向營養生長，或開花期延後之現象。淹水超過2-3天，營養生長亦會減緩。			
	淹水第4-10天，皮孔開始增生，淹水時間越長，增生之皮孔數越多。			
品種比較	以葉綠素螢光為指標		對熱耐受性高：M-18、Yai Klam、愛文、聖心 對低溫耐受性高：金煌、愛文、FP-1、聖心、海頓	(黃，2011) (劉，2010)

表二、番石榴逆境生理指標

<table>
<tr><th colspan="5">番石榴逆境生理指標</th></tr>
<tr><th>指標項目</th><th>指標值</th><th colspan="2">生理描述</th><th>Reference</th></tr>
<tr><td rowspan="4">寒害</td><td>氣溫<-1℃</td><td colspan="2">凍傷</td><td rowspan="4">(Hao and Arora, 2009
)
(王，2012)
(何，2014)</td></tr>
<tr><td>日夜溫 7/3℃</td><td colspan="2">1. 枝條長度生長減少。
2. 葉片含水量降低，葉片由綠轉紅、花青素含量增加。</td></tr>
<tr><td>氣溫<9℃，6 hr</td><td rowspan="2">花粉萌芽率</td><td>34.6% (15℃) >> 11.2%</td></tr>
<tr><td>氣溫<15℃</td><td>降至 68%，影響授粉。</td></tr>
<tr><td rowspan="5">熱害</td><td>氣溫>37℃</td><td rowspan="2">花粉萌芽率</td><td>降 38 %，影響授粉。</td><td rowspan="5">(王，2012)
(何，2014)</td></tr>
<tr><td>氣溫>40℃，1 天</td><td>52.2% (35℃) >> 0%</td></tr>
<tr><td>氣溫>45℃</td><td colspan="2">24 小時候珍珠拔組織滲漏值 29.5%</td></tr>
<tr><td>氣溫>55℃，葉綠素螢光值(Fv/Fm) <0.5</td><td colspan="2">1. 葉片受到難以恢復之損傷。
2. 快速致死溫度。</td></tr>
<tr><td>熱處理</td><td colspan="2">1. 珍珠拔呼吸率會上升 2.6 倍後逐漸下降。
2. 葉片褐化。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">缺水</td><td>暫時萎凋點
土壤水勢：-55KPa (相對含水量 RWC40%)
葉片水勢：-1.9MPa (RWC89%)</td><td colspan="2">1. 葉片收縮，枝條下垂。
2. Pn、Gs、ΦPSII (Fv1/Fm1)、E、土壤及葉片 RWC 與 Ψleaf 分別較未乾旱對照組下降 26-86%。</td><td>(Lin et al., 2015)</td></tr>
<tr><td>永久萎凋點
土壤水勢：-71KPa (RWC24%)
葉片水勢：-2.9MPa (RWC 約 81%)</td><td colspan="2">Pn、Gs、ΦPSII、E、土壤及葉片 RWC 與 Ψleaf 分別較未乾旱對照組下降 16-89%。</td><td>(Lin et al., 2015)</td></tr>
<tr><td>灌溉水 ECw>1.5dSm^{-1}</td><td colspan="2">易使植株產生鹽分逆境。鹽分逆境使枝條長度，葉綠素 a、b 含量減少。</td><td>(Ali-Dinar et al., 1999)
(Cavalcante et al., 2007)</td></tr>
<tr><td>乾旱情況，組織滲漏值 4.5-8%</td><td colspan="2">表示葉片受到難以恢復之損傷。</td><td>(王，2012)</td></tr>
<tr><td>淹水</td><td colspan="3">葉片黃化、淨光合作用降低、大量落葉、新葉畸形壞疽、葉與花芽生長延遲並停止，淹水 30 天，植株死亡率達 67%</td><td>(黃和林，2003)</td></tr>
<tr><td>品種比較</td><td>以溫度為指標</td><td colspan="2">耐熱程度：細葉、馬來、夏威夷>珍珠、梨仔、泰國
不耐寒：馬來、梨仔</td><td>(王，2012)</td></tr>
</table>

表三、蓮霧逆境生理指標

<table>
<tr><th colspan="5">蓮霧逆境生理指標</th></tr>
<tr><th>指標項目</th><th colspan="2">指標值</th><th>生理描述</th><th>Reference</th></tr>
<tr><td rowspan="6">寒害</td><td rowspan="2">氣溫<7℃</td><td>分粒期、黑歪期、紅頭期和成熟採收期</td><td>花蕾及幼果將受寒害而落果。</td><td rowspan="2">(王, 1988)
(陳，2009)</td></tr>
<tr><td>幼蕾期、謝花期</td><td>落花、落果，葉片顏色轉為土黃綠色至黃褐色的燙傷狀，失去光澤而後落葉。</td></tr>
<tr><td>氣溫<10℃</td><td>生長期</td><td>1. 寒流停滯回溫後，常導致落果(25-45%)及裂果、果實表面斑點。
2. 果實受寒害，10℃2 天產生嚴重陷點小病斑，後轉為無色陷點，進而擴大使顏色全失。
3. 葉片生長受抑制。</td><td>(洪等，1989)
(Fu, 1994)
(Huang et al., 2005)
(黃，2016)</td></tr>
<tr><td>氣溫<14℃</td><td>印尼大果種</td><td>果實低溫受害。</td><td>(黃，2017)</td></tr>
<tr><td colspan="2">日溫/夜溫<25/15℃</td><td>開花率降低至 5.2%。</td><td>(Hsiao et al., 1996)</td></tr>
<tr><td colspan="2">葉綠素螢光值(Fv/Fm) <0.5</td><td>經 8℃處理後，Fv/Fm 會下降(Fv/Fm 或 F_0 作為蓮霧離體葉片低溫耐受性指標不穩定。)</td><td>(江，2014)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">熱害</td><td colspan="2">氣溫>30℃</td><td>果皮著色不良、幼果裂果、新芽壞死、落葉及落果。</td><td>(洪等，1989)</td></tr>
<tr><td colspan="3">蓮霧受焚風害時，主要產生落果、落葉、果實脫水、果形變小及養分吸收困難等症狀。</td><td>(Kuo et al., 2001)</td></tr>
<tr><td>缺水</td><td colspan="3">1. 蓮霧遭受旱害時，主要產生落果、落葉及裂果等症狀。
2. 果實糖度降低，果皮有裂紋且紅色程度降低。</td><td>(Kuo et al., 2001)
(Lin, 2013)</td></tr>
<tr><td>淹水</td><td colspan="3">12-21 天後，樹皮裂開，長出不定根，限制枝條延長、葉片延展及生長，葉綠素濃度降低。</td><td>(Tanchai and Phavaphutanon, 2008)</td></tr>
<tr><td>雨害</td><td colspan="3">1. 11-2 月的涼溫期裂果率約 20%以下，3 月後隨氣溫及雨量的增加上升。
2. 雨災害會引發裂果、病害及開花結果障礙。
3. 會產生裂果及落葉、落果等現象，若於催花前後遭害，則會導致催花無效或降低催花成功率</td><td>(Kuo et al., 2001)
(高雄改良場，2013)</td></tr>
<tr><td>品種比較</td><td colspan="2">以溫度為指標</td><td>耐寒程度：圓葉種>南洋種>泰國種</td><td>(洪等，1989)</td></tr>
</table>

四、致謝

本計畫集結農業試驗所、嘉義分所、鳳山分所及各區農業改良場果樹專家及研究人員提供資料及協助撰寫栽培曆、防災栽培曆及提供臨界致災條件、減災及復栽技術，發揮團隊合作及資料分享之研究精神，謹此致上最誠摯之敬意與謝意。另外，以上相關資料，會因研究成果而有所更新及異動。